

Ville Korhonen

## **SÄRMÄYSTUOTANNON KARTOITUS**

# **SÄRMÄYSTUOTANNON KARTOITUS**

Ville Korhonen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

---

Tekijä: Ville Korhonen  
Opinnäytetyön nimi: Särmäystuotannon kartoitus  
Työn ohjaajat: Timo Vilmunen, Jukka Säkkinen  
Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2017  
Sivumäärä: 35 + 6 liitettä

---

Työn tavoitteena oli kartoittaa särmäystuotannon ongelmakohdat Ojala-Yhtymä Oy:n Sievin tehtaalla ja pohtia, miten mahdolliset laiteinvestoinnit tehostaisivat tuotantoa sekä parantaisivat työn laatua. Työssä tutkittiin uusimman särmäysteknologian vaikutukset tuotantoon ja jaoteltiin särmäysnimikkeet optimaalisimman särmäystavan mukaan, jotta voitiin määritellä kuormitukset eri särmäystavoille.

Uusimman särmäysteknologian vaikutuksia särmäystuotantoon testattiin yhteistyössä Bystronic-laitevalmistajan kanssa. Testattavana koneena oli Xpert-mallin särmäyspuristin, joka saatiin puoleksi vuodeksi Sievin tehtaalle testikäyttöön. Testijakson aikana saatua informaatiota käytettiin investoinnin kannattavuuslaskennan pohjatietona. Pohjatiedoista tärkeimpiä mitattavia asioita olivat tehokkuuden ja laadun parantumisesta aiheutuvat säästöt sekä koneen soveltuvuus särmättävien tuotteiden tekemiseen. Laskelmien perusteella voitiin tehdä päätökset mahdollisista investoinneista.

Tutkimuksen toinen päämäärä oli selvittää tuotantokapasiteetti yrityksen uudelle robottisärmäisyksikölle. Kapasiteetin kartoittaminen toteutettiin käymällä koko Sievin tuotannon särmättävät nimikkeet yksitellen läpi. Nämä nimikkeet jaoteltiin optimaalisimman särmäystavan mukaisiin ryhmiin. Jaottelun perusteella kyettiin tekemään päätökset mahdollisista uusista robottisärmäisyksikköjen lisähankinnoista. Samalla saatiin myös kuormitukset manuaalisärmäyksen sekä taivutus-koneen osalta.

---

Asiasanat: särmäys, Bystronic, investointi, nimikekartoitus

## ALKULAUSE

Tutkimuksen toimeksiantajana toimi Ojala-yhtymä Oy. Tutkimus pyrkii tuomaan esiin yrityksen ongelmakohdat särmäystuotannossa ja antaa ehdotukset ongelmien korjaustoimenpiteistä. Tutkimusta vietin eteenpäin investointiehdotusten pohjalta, joiden avulla pyrittiin ratkaisemaan kriittisimmät ongelmat tuotannosta sekä annettiin näkemys siitä, kuinka investoinnit vaikuttaisivat tuotantoon.

Tutkimusta on tehty tiiviissä yhteistyössä Bystronic-laitevalmistajan kanssa, jonka kone on ollut testattavana tuotannossa noin puolen vuoden ajan. Tämän testijakson aikana kiinnitettiin huomiota erityisesti koneen ominaisuuksien tuomiin etuihin tuotannossa ja ratkaistiin yhdessä eteen tulleet ongelmakohdat testin aikana.

Haluaisin kiittää erityisesti Ojala-Yhtymän sekä Bystronicin puolelta kaikkia henkilöitä, jotka ovat olleet tässä tutkimuksessa mukana. Yhteistyö on ollut mutkaton ja antoisaa. Tutkimusta on ollut vaivatonta viedä eteenpäin alan ammattilaisten kanssa, joilta tarvittavaa tietoa ja tukea on saanut jokaisella osa-alueella.

12.5.2017

Ville Korhonen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
1.1 Ojala Group	7
1.2 Työn tavoite	7
2 SÄRMÄYS	9
2.1 Kappaleen asetuksen teko särmäyspuristimelle	10
2.2 Bystronic-särmäyspuristin	12
2.3 Koneen ominaisuuksien erittely	13
2.3.1 Bombeeraus	13
2.3.2 Työkalujen kiinnitysmekanismit	14
2.3.3 Takavasteet	15
2.3.4 Ohjelmointi ja käyttöjärjestelmä	15
2.3.5 OPC Liitäntä	17
3 MOTOMAN CONE -ROBOTTISÄRMÄYS	19
4 INVESTOINTILASKELMAT	21
4.1 Nettonykyarvo	21
4.2 Sisäinen korkokanta	22
4.3 Takaisinmaksuaika	22
4.4 Investoinnin kassavirta	23
5 SÄRMÄYSTUOTANNON HAASTEET	24
5.1 Konekanta	24
5.2 Tuotannonohjaus särmäyksen osalta	24
5.3 Ammattitaito	24
6 XPERT-KONEEN SOVELTUVUUS TUOTANTOON	25
6.1 Bystronic-särmäyspuristin	25
6.2 Koneen testijakson tulokset	26
6.3 Haasteet tuotannossa	26
6.4 Bysoft	29
7 SÄRMÄTTÄVIEN NIMIKKEIDEN KARTOITUS	30

7.1 Valintakriteerit soveltuvuuden osalta eri laitteille	30
7.2 Kuormitusten laskenta erimenetelmille	30
7.2.1 Kuormitus Bystronicin -koneelle	30
7.2.2 Cone Motoman -yksikön kuormitus	30
7.2.3 Amada Motoman -yksiköiden kuormitus	30
7.2.4 Prima Fast Bender	30
8 INVESTOINTILASKELMAT SÄRMÄYSPURISTIMILLE	31
8.1 Laskelmat	31
8.2 Laskelmien lopputulema	32
9 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	36

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Ojala Group

Ojala Group on vuonna 1963 Sievissä perustettu ohutlevytuotteiden valmistamiseen keskittynyt yritys. Yhtiö tuottaa ohutlevytuotteita keskisuuren ja pienen tuotantovolyymien yrityksille. Yhtiön tehtaat sijaitsevat Sievissä ja Viron Tabasalussa. Ojala Group tarjoaa kaappien kokoonpanoja, osakokoonpanoja sekä järjestelmätoimituksia, jotka sisältävät mekaniikan, elektroniikan ja kaapeloinnit. Toimitusjohtajana toimii Teijo Hildén. Yhtymä työllistää yhteensä 400 työntekijää, ja liikevaihto vuonna 2015 oli 43 miljoonaa euroa. (1.)

Sievin tehdas on suurin niin toimitiloiltaan, kapasiteetiltaan kuin työntekijöiltäänkin. Tehdas työllistää noin 250 henkilöä, ja tuotannon valmistuskapasiteetti on monipuolinen, sillä se sisältää kokoonpanolinjoja, levytyöstökeskuksia, manuaali- ja robottisärmäyksiköitä, 2D- ja 3D-lasertyöasemia, automaattisen tiivistuskoneen, jauhemaalauuslinjaston sekä robotisoidun niittauskoneen ja useita manuaalisia niittauskoneita. Sievissä on yhteensä 19 työsolua ja 18 000 m<sup>2</sup> tuotantotilaa. (1.)

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on kartoittaa särmäystuotannon tehokkuutta laskevat seikat ja tämän pohjalta pyrkiä antamaan vastaus tarvittaviin toimenpiteisiin särmäystuotannon tehostamiseksi. Tutkimuksessa eritellään asiat, jotka vaikuttavat särmäyksen tehokkuuteen ja laatuun. Lähtökohtana on selvittää, kuinka paljon tuotantoa saataisiin tehostettua laiteinvestointien avulla.

Laiteinvestointien osalta tutkittavaksi otettiin Bystronic Xpert 150X3100 -särmäyspuristin. Särmäyspuristin oli Sievin tehtaalla testissä noin puolen vuoden ajan, jonka aikana saatua informaatiota käytettiin kannattavuuslaskelmien perustana. Lisäksi kaikki tuotannossa särmättävät kappaleet jaoteltiin optisimman särmäystavan mukaisiin ryhmiin. Nimikkeet jaoteltiin, joko manuaalisesti, robo-

tilla tai taivutusautomaatilla särmättäväksi. Kartoituksen perusteella voitiin määrittää, kuinka paljon särmäyskapasiteetista on mahdollista automatisoida, ja tarvitaanko tehtaalle lisää robotisoituja särmäysyksiköitä.

Työssä selvitetään, tukevatko Bystronicin teknologiset ratkaisut tehtaan ongelmakohtia, ja kykeneekö särmäyspuristin monipuoliseen alihankintatuotantoon. Työssä kartoitetaan edellisvuoden nimikekanta. Tämän jälkeen tutkitaan särmäystuotannon ongelmakohtia, ja kartoitetaan mahdolliset ratkaisuehdotukset ongelmille.



## 2 SÄRMÄYS

Särmäys on yleinen ohutlevytuotteiden valmistusmenetelmä, jossa valmiiksi leikattu aihio taivutellaan haluttuun muotoon. Särmäystavat voidaan jaotella pääsääntöisesti kolmeen luokkaan.

- manuaalinen särmäys (kuva 1)
- taivutuskoneella särmäys (kuva 2)
- robotilla särmäys (kuva 3).



*KUVA 1. Srmäyspuristin (3)*



*KUVA 2. Taivutuskone (9)*



*KUVA 3. Särmäysrobotti (6)*

Särmäys on ammattitaitoa vaativa työvaihe, jossa useat tekijät vaikuttavat lopputulokseen. Särmättäviltä kappaleilta vaaditaan pääsääntöisesti standardin SFS 22768-1 mukaisia toleransseja, mutta usein kappaleille on määritelty myös tarkempia toleransseja kappaleen oleellisille mitoille. (2.)

Ennen särmäystä kappaleelle tehdään levityskuva, jossa otetaan huomioon särmäyksestä aiheutuva materiaalin venyminen. Levityskuvan laskeminen on erityisen tärkeä vaihe särmäyksen onnistumisen kannalta, sillä ilman oikeaa venymäämittaa särmättävän kappaleen mitat eivät vastaa, suunniteltuja mittoja. Venymään vaikuttavia tekijöitä ovat mm. särmättävän kappaleen materiaali sekä käytettävät särmäystyökalut. (4, s. 25.)

## **2.1 Kappaleen asetuksen teko särmäyspuristimelle**

Asetuksen teko on moni vaiheinen työ, johon kuuluu 17 eri työvaihetta. Kuvassa 4 on eritelty asetuksen eri vaiheet (2). Tutkimuksessa syvennytään erityisesti 4.–14. työvaiheisiin, joiden kestoon voidaan vaikuttaa merkittävästi eri toimenpiteillä.



KUVA SALATTU

*KUVA 4. Särmäyksen työvaiheet (2)*

Kuvassa 5 voidaan nähdä ne seikat, jotka vaikuttavat erityisesti asetusajan keston. Näistä seikoista varsinkin työntekijän kokemuksella sekä tarvittavien mittojen hahmottamisella kuvasta, on eniten vaikutusta asetusajojen keston.

# KUVA SALATTU

*KUVA 5. Asetuksen säätöön vaikuttavia tekijöitä (2)*

## **2.2 Bystronic-särmäyspuristin**

Yritys sai testattavakseen Bystronic Xpert 150X3100 -särmäyspuristimen. Testijakso kesti noin 6 kk, jonka aikana keskityttiin erityisesti testaamaan koneen soveltuvuutta tuotantoon sekä sitä, kuinka koneen ominaisuudet vastaisivat tuotannollisiin haasteisiin. Koneen mukana tuli myös etäohjelmointiin tarkoitettu Bysoft-ohjelmisto. Taulukossa 1 näkyvät koneen tärkeimmät tekniset tiedot.

Testijakson aikana konetta ajettiin kahdessa vuorossa. Koneelle valittiin kaksi operaattoria, joilla molemmilla oli useiden vuosien kokemus särmäyksestä. Toisella särmääjistä on huomattavasti pidempi kokemus, joten mahdollisuudet eri näkökulmille olivat paremmat.

Koneen ominaisuuksista keskityttiin erityisesti tutkimaan bombeerausta, työkalun kiinnitysmekanismia ja 6-akselisten takavasteiden käytettävyyttä. Toisaalta myös käyttöjärjestelmä sekä etäohjelmointi olivat tärkeässä roolissa tutkimusta tehdessä.

TAULUKKO 1. Koneen spesifikaatio (3, linkki *Technical Datasheet Xpert 60-320*)

Tyypit		Xpert 150
Puristusvoima	kN	1 500
Särmäyspituus	mm	3 100
Vakio iskun pituus	mm	215
Avautuma	mm	500
Runkojen väli	mm	2 750
Kita	mm	400
Pöydän leveys	mm	60
Max. X-akselin liike	mm	1 050
Liikematka x-akseli	mm	600
Nopeus x-akseli	mm/s	650
Nopeus r-akseli	mm/s	200
Liikematka z-akseli	mm	1 900
Nopeus z-akseli (6aks)	mm/s	1 200
y-akselin pikaliiken.	mm/s	220
y-akselin työnopeus	mm/s	1. - 10
y-akseli paluuliike	mm/s	250
y-akselin paikoitus tarkkuus	mm	0,004
Bombeeraus		Hydr.
Hydraulinen työkalun kiin.		sisältää
päämoottorin teho	kW	11
Öljyn kapasiteetti	l	300
Paino	t	9,8
Käyttö		ByVision Bending
Turvalaite		

## 2.3 Koneen ominaisuuksien erittely

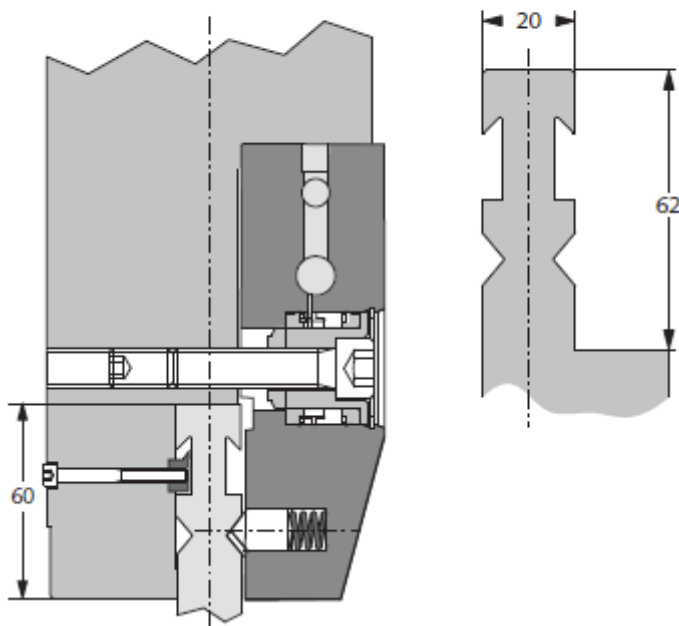
### 2.3.1 Bombeeraus

Bombeeraus tarkoittaa kulman korjausta särmässä. Tämä on toteutettu koneessa dynaamisesti. Teknisessä ratkaisussa on hyödynnetty anturiteknikkaa, jonka pohjalta kone dynaamisesti kompensoi halutun särmäyskulman koko särmän pituudelta. Tämä ominaisuus tekee särmästä tasalaatuisen. Usein materiaaleissa on jännitteitä sekä poikkeamia vahvuuksissa, joiden vaikutusta särmäyksen laatuun bombeerauksen avulla pyritään vähentämään tai poistamaan kokonaan. (11.)

### 2.3.2 Työkalujen kiinnitysmekanismit

Työkalujen kiinnitysmekanismi toimii myös hydrauliiikan avulla. Kiinnitysmekanismi on suunniteltu helpottamaan sekä nopeuttamaan työkalujen asennusta. Teknisenä ratkaisuna Bystronic on suunnitellut yläterään koukkumaisen pidikkeen, joka ei tarvitse erillistä lukitusmekanismia vaan se voidaan asentaa suoraan vastinkappaleeseen, joka sijaitsee työkalun pitimessä. Tämä on havainnollistettu kuvassa 6. Alatyökalun kiinnitys on niin ikään toteutettu hydraulisesti, jossa kymmenet pienet hydraulisylinterit on sijoitettuna riviin. Nämä sylinterit puristavat alatyökalun runkoon kiinni.

RF-A hydraulic  
(Optional Xpert 60 - 320 and Xpert 250 - 1000)



KUVA 6. Kiinnitysmekanismi (5, linkki Työkalut tyyppi RF-A)

### 2.3.3 Takavasteet

Takavasteet on rakennettu itsenäisiksi yksiköiksi. 6-akselinen järjestelmä antaa laajan soveltamisen mahdollisuuden. Kuvassa 7 ja 8 näkyy takavasteiden rakenne. Vasteet on suunniteltu haastavia kappaleita varten. Kuvissa näkyvät numeroidut pisteet havainnollistavat eri vastepintojen paikoituksesta. Vasteiden ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa pihtiote ja vasteen parkkeeraus. Vasteita on mahdollista ajaa erillisinä yksikköinä, joka mahdollistaa monipuolisen kappaleiden vastepintojen käytön.



KUVA SALATTU

*KUVA 7. Vasemman puolen vaste*



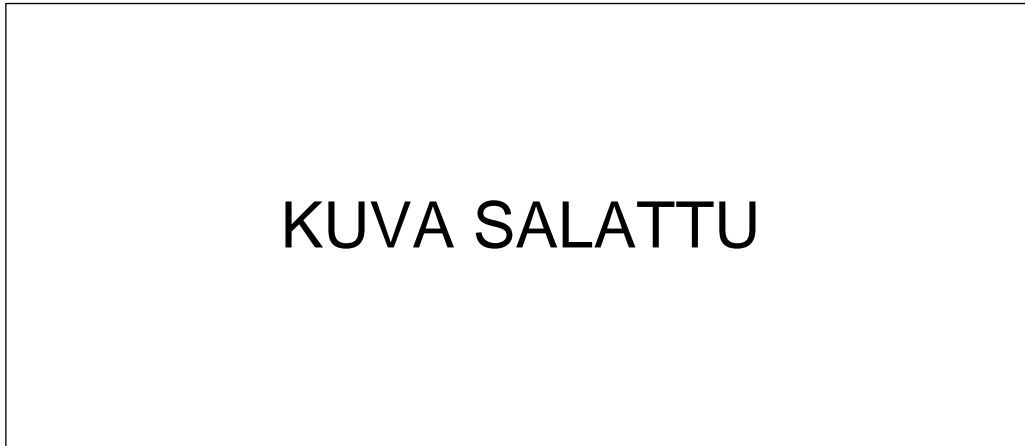
KUVA SALATTU

*KUVA 8. Oikean puolen vaste*

### 2.3.4 Ohjelmointi ja käyttöjärjestelmä

Särmäyskappaleen ohjelmointiin on kaksi eri mahdollisuutta. Toinen on särmäyskoneella suoritettava 2D-profiilin piirtäminen, jonka ohjelmapohjana toimii

Byvision-ohjelmisto sekä etäohjelmoinnilla suoritettava 3D-ohjelmointi, johon käytetään Bysoft -ohjelmistoa (katso kuva 9).



*KUVA 9. Bysoft-ohjelmisto*

Käyttöjärjestelmät on integroitu keskenään, jonka vuoksi ohjelmistojen kommunikointi sujuu mutkattomasti.

Bysoft-ohjelmistolla suoritetaan kappaleiden etäohjelmointia. Ohjelmisto on integroitu solidworksin kanssa, johon on lisätty levityskuvien tekoa helpottavia ominaisuuksia. Lisäosien avulla pystytään suoraan lisäämään kappaleeseen käytettävien särmäystyökalujen tiedot, jonka pohjalta ohjelmisto laskee levityskuvan automaattisesti (kuva 8).



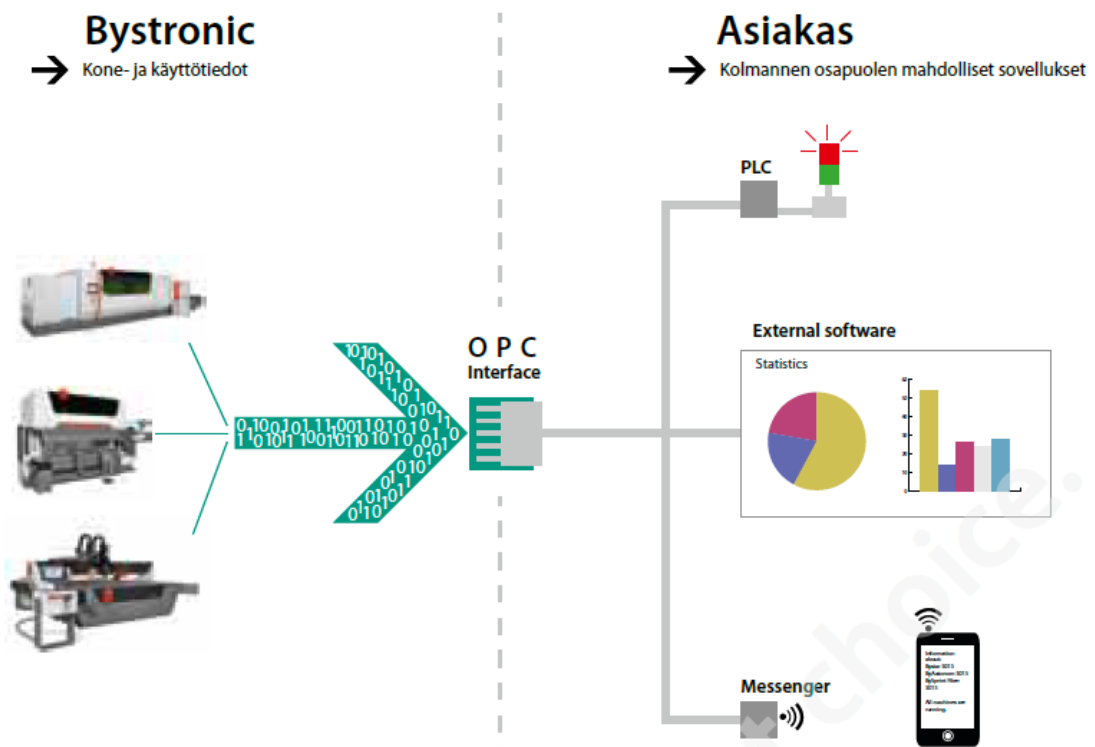
# KUVA SALATTU

## *KUVA 8. Levityskuvan teko*

Ohjelmoinnin avulla saadaan simuloitua kappaleen valmistus. Tämän avulla voidaan määrittellä kappaleen valmistukseen tarvittavat työkalut, särmien mitat, kulmien asteet sekä särmäysjärjestys. Simulointi mahdollistaa osaltaan kappaleiden tuotantoon sisään ajon ilman ylimääräistä protovaihetta. Simuloinnin avulla voidaan hyödyntää tehokkaasti myös tarjouslaskennassa, sillä simuloinnin yhteydessä ohjelmisto määrittää myös yksikköajan kappaleen valmistamiseen.

### **2.3.5 OPC-liitäntä**

OPC on lyhenne englannin kielisestä termistä "Object Linking and Embedding for Process Control", joka tarkoittaa käytännössä objektien linkittämistä tuotannon ohjaukseen. OPC-liitäntä mahdollistaa datan keräämisen särmäyspuristimelta, jota voidaan hyödyntää muun muassa työn tehokkuuden mittareina. Saatavasta informaatiosta voidaan määrittää tarkasti käytetty aika sekä nimikkeen että tilauksen osalta. (10.)



KUVA 10. OPC-liitäntä (10)

### 3 MOTOMAN CONE -ROBOTTISÄRMÄYS

Motoman Cone -robottisärmäyksikkö on suomalaisvalmisteisen Coast Onen valmistaman *Cone 1600* -särmäyspuristimen sekä japanilaisen Yaskawa-robotivalmistajan laitekokonaisuus. Järjestelmä soveltuu kooltaan pienten sekä keskiuurien tuotteiden särmäykseen, joiden volyymitaso on korkea.

Järjestelmä on rakennettu kompaktin kokoiseksi, johon on lisätty I/O-lasaus/purkupöytä. I/O-pöytä on jaettu kahteen osaan, jolloin operaattori voi koneen käydessä asetella uuden nipun särmättäviä kappaleita pöydälle ja kun robotti on särmännyt edellisen pinon loppuun, niin operaattorin ei tarvitse muuta kuin kääntää pöytää 180° astetta ja käynnistää robotti uudelleen. Robottisärmäyksen etu manuaalisärmäykseen, on sen tuottama tehokkuus isoja sarjakoja työstettäessä. Etuja ovat myös robotin tuoma tasalaatuisuus ja turvallisuus.



KUVA SALATTU

*KUVA 11. Cone Motoman -yksikkö*

KUVA SALATTU

*KUVA 12. Yksikön pohjapiirros*

## 4 INVESTOINTILASKELMAT

Investointilaskelmat ovat pitkän aikavälin kannattavuuslaskelmia. Niiden pohjalta yleisesti tehdään lopulliset investointipäätökset. Laskelmien pohjaksi on tehtävä laaja lähtötietojen kartoitus, jotka tulisi olla mahdollisimman realistisia. Investoinnin kannattavuutta arvioitaessa otetaan huomioon

- investoinnin hankintameno
- Investoinnin pitoaika
- arvioidut tulevat kassasta maksut
- arvioidut tulevat kassaan maksut
- laskentakorko.

Hankintameno sisältää yleisesti investoinnin hankintamenoa sekä asennus- ja käyttöönottokustannukset. Pitoajalla tarkoitetaan hankkeen elinkaarta. Jäännösarvo on arvio investoinnin pitoajan jälkeisestä arvosta. Investoinnin aiheuttamia tulevia kassaan- ja kassasta maksuja on usein vaikea arvioida etukäteen, mutta tulevista maksuista voidaan tehdä karkeita arvioita, jonka pohjalta voidaan arvioida aiheuttaako investointi lisäkustannuksia vai säästöjä tai kasvattaako investointi yrityksen myyntituloja. Laskentakoron avulla voidaan vertailla eri aikoina syntyviä kassavirtoja. (7, s. 230.)

### 4.1 Nettonykyarvo

Nettonykyarvon lyhenteenä käytetään NPV:ta, joka tulee sanoista Net Present Value. Nettonykyarvoa pidetään teoreettisesti suositeltavimpana investointilaskentamenetelmänä. Laskenta suoritetaan diskonttaamalla tulevien ennakoitujen nettokassavirtojen nykyarvon ja investoinnin hankintamenoa erotus. NPV voidaan määrittää kaavalla 1. (7, s. 234.)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} + \frac{I_n}{(1+r)^n} - I_0 \quad \text{KAAVA 1}$$

$NPV$  = nettonykyarvo

$NCF$  = nettokassavirta

$I_0$  = alkuinvestointi

$I_n$  = investoinnin jäännösarvo

$n$  = investoinnin pitoaika vuosina

$t$  = aika

$r$  = diskonttauskorko

Nettonykyarvomenetelmä perustuu ajatukseen, että tulevina vuosina toteutuvien tuottojen ja kustannusten arvo on pienempi nyt kuin tulevaisuudessa. Jos nettonykyarvo on positiivinen, niin silloin investointi kannattava. (7, s. 234.)

## 4.2 Sisäinen korkokanta

Sisäinen korkokanta kertoo investoinnin kannattavuuden prosenttilukuna, jota voidaan verrata yrityksen käyttämään laskentakorkoon tai lainan korkoon. Sisäinen korkokanta voidaan laskea nettonykyarvon kaavan avulla laittamalla NPV:n arvoksi nolla. Kaavalla 2 voidaan määrittää sisäinen korkokanta. (7 s. 237 – 238.)

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+IRR)^t} + \frac{I_n}{(1+IRR)^n} - I_0 = 0 \quad \text{KAAVA 2}$$

$IRR$  = sisäinen korkokanta ( Internal Rate of Return)

$NCF$  = nettokassavirta

$I_n$  = investoinnin jäännösarvo

$n$  = investoinnin pitoaika vuosina

$t$  = diskonttauskorko

Investointi on kannattava, jos sisäinen korko on vähintään yhtä suuri kuin sille asetettu tuottovaatimus. (7 s. 237 – 238.)

## 4.3 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika on yksinkertainen menetelmä kannattavuuden tarkastelemisessa. Menetelmässä kartoitetaan se, monessako vuodessa investointi maksetaan takaisin vuotuisella nettokassavirralla. Yksinkertaisessa takaisinmaksuajan menetelmässä ei huomioida korkoa. Laskenta tapahtuu kaavan 3 mukaan

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{alkuinvestointi}}{\text{vuotuinen nettokassavirta}}$$

KAAVA 3

Investointi on kannattava, jos takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin etukäteen määritelly hyväksyttävä takaisinmaksuaika. Menetelmän heikkoutena on se, ettei siinä huomioida rahan aika-arvoa ja korkoa. Investointi maksaa itsensä takaisin, kun kumulatiivinen nettokassavirta muuttuu positiiviseksi. (7, s. 238 – 239.)

#### **4.4 Investoinnin kassavirta**

Investoinnin kassavirrat lasketaan vuotuisten investoinnista saatavien kassaanmaksujen ja investoinnin aiheuttamien kassastamaksujen erotuksena. Kassaanmaksut tulevat mm. lisääntyneestä myynnistä saatavia tuloja tai kustannussäästöjä. Kassasta maksut ovat mm. palkkakuluja tai muita lisäkustannuksia, joita syntyy investoinnin seurauksena. (7, s. 240.)

## 5 SÄRMÄYSTUOTANNON HAASTEET

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.



*KUVA 11. Särmäyksen poikkeamat 2015*

### **5.1 Konekanta**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

### **5.2 Tuotannonohjaus särmäyksen osalta**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

### **5.3 Ammattitaito**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.



## 6 XPERT-KONEEN SOVELTUVUUS TUOTANTOON

Testijakson aikana perehdyttiin koneen sekä järjestelmien soveltuvuuteen Sievin tuotannossa. Tuotannon osalta tärkeää oli ottaa huomioon, kuinka koneen tekniset ratkaisut soveltuvat monipuoliselle ja haastavalle nimikekannalle. Tärkeitä tutkinnan kohteita olivat teräjärjestelmän käytettävyys tuotannossa, dynaamisen bombeeruksen toimintavarmuus ja etäohjelmoinnin sekä koneen käyttöjärjestelmän tuoma tehokkuus.

Tutkimuksen aikana tuli esiin useita haasteita järjestelmän soveltuvuudesta tuotantoon erityisesti työkalupuolen takia. Työkalut on suunniteltu vahvempia materiaaleja varten, joka osaltaan rajoitti työkaluilla työstettävyyttä tuotannossa. Ongelmat saatiin kuitenkin korjattua työkalujen muokkauksella tuotantoa vastavaksi.

### 6.1 Bystronic-särmäyspuristin

Koneen vahvuudet pohjautuvat koneessa oleviin teknisiin sekä käyttöön liittyviin ratkaisuihin. Testijakson ajalta saatujen tulosten perusteella voitiin määrittellä dynaamisen bombeeruksen vaikutukset särmäyksen laatuun. Simuloinnista ja teräjärjestelmästä saatavaa tehokkuutta asetusten tekoon sekä visuaalisemman työhjeistuksen vaikutuksia laatuun sekä tehokkuuteen.

Ohjelmointi on tehokasta erityisesti yksinkertaisille kappaleille. 2D-ominaisuus nopeuttaa yksinkertaisten kappaleiden ohjelmien tekoa sekä 3D-etäohjelmointi nopeuttaa erityisesti hieman haastavampien kappaleiden kanssa työskentelyä.

Takavasteiden monipuolinen hyödyntäminen helpottaa erityisesti hankalien vinokulmaisten kappaleiden ohjelmoinnissa. Tämä säästää merkittävästi aikaa proto-kappaleiden teossa, kun takavasteisiin ei tarvitse tehdä omia rakennelmia särmien onnistumiseksi.

Koneen teknologia tukee myös uusien materiaalien särmäyksessä, sillä koneen avulla voidaan määrittää 7. pistejärjestelmän avulla materiaalin eri kulmille tarvittavat voimat.

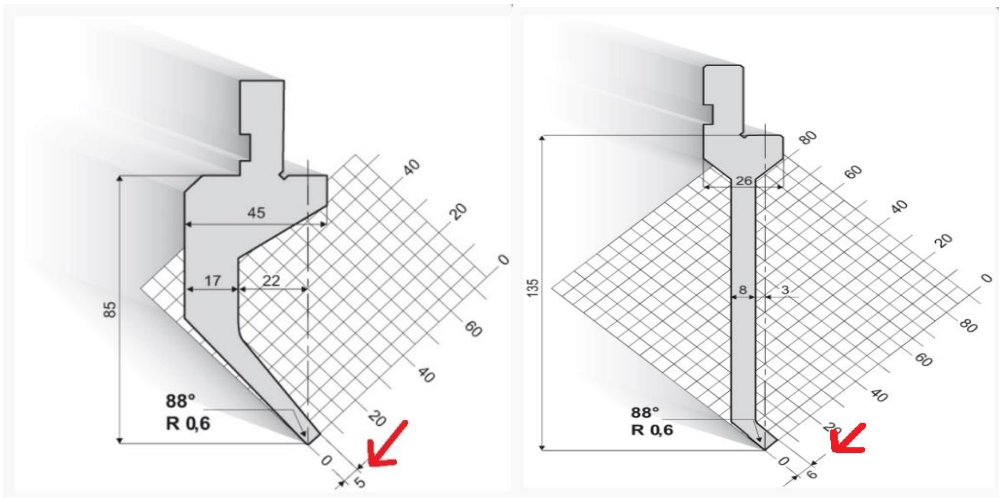
7. pistejärjestelmässä koneeseen tallennetaan yleisimmät särmättävät kulmat materiaalille, jonka jälkeen kone osaa automaattisesti laskea tarvittavan särmäysvoiman. Materiaalitiedot voi tallentaa koneen muistiin sekä siirtää etäohjelmointiin, joka jouduttaa asetusten tekoa.

## 6.2 Koneen testijakson tulokset

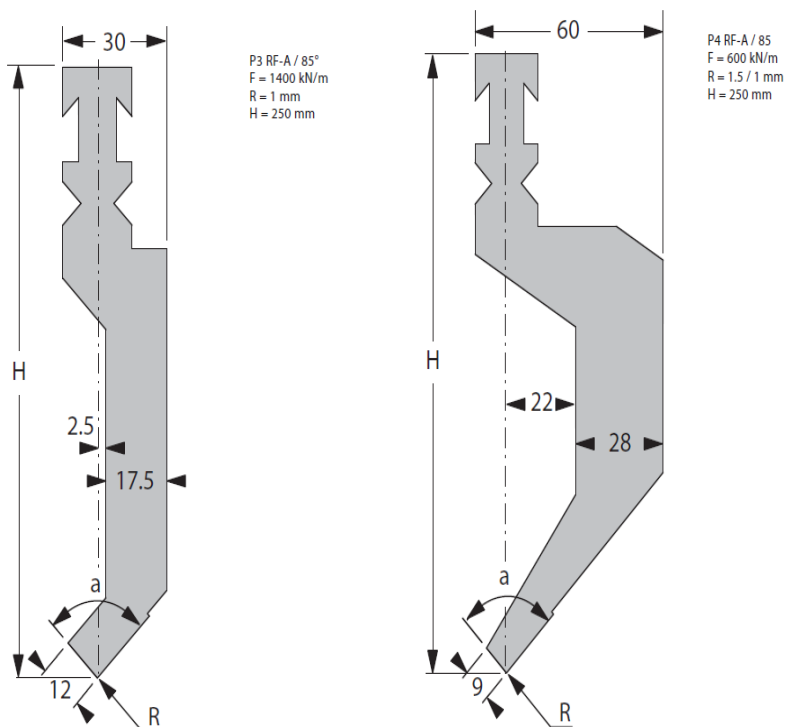
Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

## 6.3 Haasteet tuotannossa

Bystronicin teräjärjestelmän kanssa syntyi usein ongelmia. Terien ja urien geometriset muodot eivät usein soveltuneet tuotannossa olevien tuotteiden valmistamiseen. Kuvassa 14 näkyvät työkalut ovat tämän hetkessä tuotannossa käytettäviä Euro B -tyypin työkaluja. Kuvassa 15 on vertailuksi otettu Bystronicin RF-A-tyypin työkalut.



KUVA 14. Euro B -ylätyökaluja (8)



KUVA 15. RF-A:n vastaava profiiliterä (5, linkki Työkalut tyyppi RF-A)

Työkalujen merkittävimmät erot tulevat esiin työkalun r-säteen suuruudessa sekä terän paksuudessa (ks. kuvassa 14 punaiset nuolet). Tällä hetkellä tuotannossa on paljon kappaleita, joissa särmien lähellä sijaitsee, joko reikiä tai muotoja. Tämän johdosta kappaleet joudutaan usein tekemään pienemmällä uralla tai pienemmällä terän säteellä kuin normaalitilanteessa. Työkalun paksuudesta aiheutuu erityisesti ongelmia erinäisten muotojen kanssa, koska terä voi ottaa muotoon kiinni särmäyksen aikana. Kuvassa 16 oleva kappale on esimerkki tällaisesta kappaleesta, joka olisi muovausten takia mahdoton tehdä paksuilla terillä.

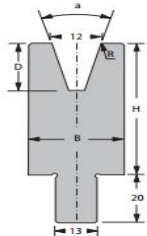

# KUVA SALATTU

KUVA 16. Särmäyksen osalta haastava kappale

## Alatyökälu

Alatyökäluun pitimen kanssa ilmeni ongelmia käytettäessä ohuita työkaluja. Alatyökälu kiinnittyy pienten sylintereiden avulla, jotka puristavat työkalun runkoa vasten kiinni. Käytettäessä esimerkiksi 10 mm mittaisia uria kiinnitys jäi vain yhden sylinterin varaan, jolloin kiinnitys jäi varsin heikoksi. Urissa oli myös havaittavissa sinkin kylmähitsaantumista normaalia enemmän. Tähän vaikutti erityisesti särmättävän materiaalin laatu, alauran r-säde sekä pinnanlaatu. Testikäytössä olleiden urien r säteen suuruudet vaihtelivat 0,75–1,5 mm välillä.

**V12/30°**



[R] Radius (mm)	1.5
[a] V - Angle	30°
[H] Height (mm)	55
[B] Width (mm)	25
[D] Depth (mm)	18.6
Weight / Meter	11.8 Kg

42 CrMo 4
58 - 62 HRC
F max 30° = 250 kN/m
F max 90° = 900 kN/m
Die insert 13 mm
Ex stock / 24 h
BOS No. BY2C016A

Standard length	Part number
515 mm	64201.0012.5007
1030 mm	64201.0012.3009
1000 mm sect. FSC	64201.0012.0011
1100 mm sect. FSL	64201.0012.1002

KUVA 17. Bystronic-alatyökälu (5, linkki Työkälu tyyppi RF-A)

Kylmähitsaantumisen välttämiseksi olisi parempi käyttää suuremmalla r-säteellä olevia alauria. Toisena vaihtoehtona olisi käyttää erityispinnoitteisia uria jotka

ovat tarkoitettu vain ja ainoastaan kuumasinkityn tai sähkösinkityn pellin särmämiseen. Tällaisia uria löytyy esimerkiksi Wilan tuotekatalogista. Liitteessä 6 on kartoitettu tarvittavat työkalut, jotka soveltuisivat Sievin nimikekannan työstämiseen.

#### **6.4 Bysoft**

Testin alussa ohjelmiston kanssa oli vaikeuksia, johtuen oleellisten parametrien puuttumisesta. Tästä johtuen esimerkiksi särmättävän kappaleen mitat eivät aluksi pitäneet paikkaansa. Nämä ongelmat kuitenkin saatiin korjattua päivittämällä teräjärjestelmän tietokanta uudestaan.

Merkittävin testausvaihe Bysoftin osalta tehtiin Bystronicin tehdasvierailun aikana Gothassa. Testattavaksi valittiin noin 100 eri nimikettä, jotka olivat perinteisiä tuotannossa tehtäviä tuotteita, mutta samalla myös särmättävyydeltään hyvin erilaisia, joista osa oli erittäin haastavia särmätä ja taas vastaavasti osa hyvinkin yksinkertaisia valmistaa. Liitteestä 4 voidaan havaita, että Bysoftin avulla saatiin lähes poikkeuksetta särmättyä kaikkia tuotannossa olevia tuotteita.

Etäohjelmoinnin avulla haastavienkin kappaleiden valmistaminen helpottuu huomattavasti, sillä Bysoftin simulointiosuus on tehty joustavaksi. Joustavuus ilmenee etenkin, kun joudutaan kesken ohjelmoinnin vaihtamaan esimerkiksi työkalustusta. Tällöin ohjelma osaa automaattisesti laskea levityksen oikean kookseksi. Tämä ominaisuus on erittäin tärkeä ohjelmoinnin kannalta, jotta ohjelmointi olisi sujuvaa ja tehokasta.

Bysoftin automaatiopuoli toimii verrattain hyvin. Algoritmien avulla kone pyrkii tekemään mahdollisimman hyvän särmäysohjelman automaattisesti. Ohjelmisto kykenee ratkaisemaan yksinkertaisia särmättäviä kappaleita automaattisesti. Tästä on myös hyötyä haastavienkin kappaleiden ohjelmoinnissa, sillä järjestelmä kykenee alustamaan ohjelmitavan kappaleen varsin pitkälle, jolloin muokkausta tarvittavien vaiheiden määrä vähenee merkittävästi. Tämä taas tehostaa ohjelmitavuutta.

## **7 SÄRMÄTTÄVIEN NIMIKKEIDEN KARTOITUS**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

### **7.1 Valintakriteerit soveltuvuuden osalta eri laitteille**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

### **7.2 Kuormitusten laskenta erimenetelmille**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

#### **7.2.1 Kuormitus Bystronicin -koneelle**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

#### **7.2.2 Cone Motoman -yksikön kuormitus**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

#### **7.2.3 Amada Motoman -yksiköiden kuormitus**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

#### **7.2.4 Prima Fast Bender**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

## 8 INVESTOINTILASKELMAT SÄRMÄYSPURISTIMILLE

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä.

### 8.1 Laskelmat

*TAULUKKO 3. Investointilaskelmien lähtöarvot*

TAULUKKO SALATTU

*TAULUKKO 4. Rahan virtaus vuosittain*

TAULUKKO SALATTU

KUVA SALATTU

*KUVA 18. Kumulatiivinen rahan virtaus*

*TAULUKKO 5. Tulos / tappio analyysi*

TAULUKKO SALATTU

## **8.2 Laskelmien lopputulema**

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä



## 9 YHTEENVETO

Tutkimuksen lähtökohtana oli selvittää mahdollisten Bystronic-särmäyspuristimien investointien kannattavuutta sekä kartoittaa kuormitukset eri särmäysmenetelmille. Tulosten perusteella kyettiin todistamaan se, että Bystronic-särmäyspuristin soveltuu Sievin kaltaiseen monipuoliseen sekä haastavaan tuotantoon ja koneen ominaisuuksien avulla voidaan tehostaa itse särmäysprosessia.

Kuormituskartoituksen oleellisin selvitettävä asia oli antaa vastaus sille, riittääkö särmäyskuormaa myös mahdollisesti toiselle investoitavalle Cone Motoman-robottiyksikölle. Kokonaisuudessaan tutkimuksessa päästiin haluttuun päämäärään ja tulosten perusteella voitiin tehdä tarvittavat päätökset investointien suhteen. Tutkimus antoi tärkeää pohjatietoa nimikkeiden soveltuvuudesta eri valmistusmenetelmille. Tätä pohjatietoa voidaan hyödyntää tulevien tutkimusten perustana.

## LÄHTEET

1. Yritys. Ojala Group. Saatavissa: <http://www.ojalagroup.com/fi/yritys/>. Hakupäivä 15.3.2017.
2. Mikkilä, Marko 2012. Smed-särmäys. Ojala-Yhtymä Oy:n sisäinen tietokanta. Hakupäivä 9.10.2016.
3. Xpert. Bystronic. Saatavissa: <https://www.bystronic.com/en/Products/press-brakes/Xpert.php>. Hakupäivä 1.3.2016.
4. Piironen, Tomi 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. Onnistuneen suunnittelun periaatteita – DFMA. Hitsaavan teollisuuden hankintatoimen ja toimitusketjun tehostaminen – HitNet. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/2/2013. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu, HitNet. Tekniikka ja liikenne. Saatavissa: <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>. Hakupäivä 2.4.2016.
5. Bystronic-särmäystyökalut. Bystronic. Saatavissa: <http://www.bystronic.fi/fi/tuotteet/Saermaeyspuristimet/press-brake-tools.php> Hakupäivä 1.2.2016.
6. Increased productivity with robotised press-brake operation. YASKAWA Nordic AB. Saatavissa: <http://docs.yaskawa.eu/Brochure%20press%20brake%20tending%20EN/files/assets/basic-html/index.html#4>. Hakupäivä 1.4.2016.
7. Jormakka, Raija – Koivusalo, Kaija – Lappalainen, Jaana – Niskanen, Mervi 2015. Laskentatoimi. Helsinki: Edita. Saatavissa: <https://oamk.finna.fi/Record/leevi.179952>. Hakupäivä 5.4.2017.
8. UKB-System A - Type Amada 2016. UKB – Uwe Krumm GmbH. Saatavissa: <http://www.ukb-gmbh.de/english/press-brake-tools/ukb-system-a-type-amada/punchestop-tools/90-punchestop-tools/>. Hakupäivä 1.2.2016.

9. Fbe. Prima Power. Saatavissa: <https://www.primapower.com/fi/taivutuskone-fbe/#1448982719858-0eaae0f8-b51dfc72-a00f>. Hakupäivä 9.10.2016
10. OPC interface: The door to machine and operating data. Bystronic. Saatavissa: <https://www.bystronic.com/en/news/innovation/archive-2014/OPC-Interface.php>. Hakupäivä 1.2.2016
11. Bystronic press brake technology: Dynamic crowning / Dynamische Bombierung. Bystronic Maschinenbau GmbH. Video. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=T0w7gRJitwY>. Hakupäivä 1.2.2016

## **LIITTEET**

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Asetusajat 2015

Liite 3 Operaattorin arviointilomake

Liite 4 Bysoft testinimikkeet

Liite 5 Investointilaskelmien selitteet

Liite 6 Bystronic-työkalut

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä

Sisältösalattu yrityksen pyynnöstä

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä





Bysoft testinimikkeet

LIITE 4

Sisältö salattu yrityksen pyynnöstä